



PROPORTIONAALIOHJATTU AJO TELAKAIVINKONEESEEN

Kinnunen Markku

Opinnäytetyö
Joulukuu 2011
Auto- ja kuljetustekniikka
Auto- ja korjaamotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKOULU

Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka

Auto- ja korjaamotekniikka

Kinnunen Markku

Proportionaaliohjattu ajo telakaivinkoneeseen

Opinnäytetyö

28 sivua

Työn ohjaaja

insinööri Risto Myllymäki

Työn tilaaja

Volvo CE Finland, tuotepäällikkö Teijo Lähdekorpi

Tampere joulukuu 2011

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tutustua tela-alustaisen kaivinkoneen ohjaukseen ja suunnitella ohjauksen toteutus käyttäen proportionaaliohjattuja venttiileitä. Yleisempänä tavoitteena oli suunnitella helposti muokattava ja yksinkertaisesti toteutettava proportionaalinen ohjaus, jota voi käyttää muuallakin työkonetekniikassa hydraulisten toimintojen ohjaukseen.

Suunniteltu ohjausjärjestelmä oli toteutettava olemassa olevan järjestelmän rinnalle niin, että vanha järjestelmä oli toiminnassa koko ajan. Suunnitellun ohjauksen oli oltava hydraulisilta ominaisuuksiltaan olemassa olevaa ohjausta vastaava. Opinnäytetyössä tarvittavien komponenttien ja ohjelmistojen valintaa ei millään tavalla rajoitettu.

Tämän työn tuloksena muodostui tehtävänantoa mukaileva järjestelmä. Vain käyttöolosuhteiden osalta täytyi antaa hieman periksi. Valitut komponentit ovat tarkoitettuja lähinnä teollisuusympäristöön, mutta niiden käyttö ajoneuvotekniikassa onnistuu silti hyvin.

Työn tuloksen käyttöönottoa ei ainakaan lähitulevaisuudessa suunnitella, joten kokoonpanon toimivuudesta ei ole käytännön kokemusta

Asiasanat: hydraulikka, proportionaaliventtili, ohjaus, kaivinkone

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automobile and Transport Engineering

Automobile and Garage Engineering

Kinnunen Markku

Proportional controlled drive for crawler excavator

Engineering Thesis

28 pages

Thesis Supervisor

engineer Risto Myllymäki

Commissioning co.

Volvo CE Finland, product Manager Teijo Lähdekorpi

Tampere December 2011

This thesis had two goals. First, to get familiar with steering systems of tracked excavators, and second, to design such a steering system with using proportional valves. The general objective as to design an easily modifiable and simply to implement proportional steering usable also in other industrial machinery steering functions.

The design of the steering systems had the following constraints. First, it should be possible to deploy the new system while the old system is in use. Second, the new systems should be functionally equivalent with the old one. However, the necessary physical components and control software were not constrained.

The thesis work yielded a steering system meeting the requirements. However, there are some limitations in usage environment. The selected components are intended for use in industrial environments. Even so, the components are also usable in vehicles.

There are no immediate plans for deploying the new steering system design. Thus, no practical experience of the system is available.

Key words: Hydraulics, proportional valve, steering, excavator

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Opinnäytetyön tavoite	5
1.2	Opinnäytetyön aihe.....	5
1.3	Aiheen rajaus	6
2	MARKKINAKATSAUS	7
2.1	Tarjonta markkinoilla.....	7
2.1.1	Engcon.....	7
2.1.2	Indexator	7
2.1.3	Steelwrist	8
3	ALKUTILANNE	9
3.1	Ohjauksen toteutus	9
3.1	Servopumppu	9
3.3	Servoventtiili	11
3.4	Pääventtiililohko	14
3.5	Ajomoottori	16
4	MUUTOS	18
4.1	Suunnitelma	18
4.2	Reunaehdot.....	19
5	KOMPONENTIT	20
5.1	Hydrauliset komponentit.....	20
5.2	Sähköiset komponentit	22
6	HYDRAULIKAAVIO	25
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
	LÄHTEET	28

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön suorittaminen ja sen tavoitteet ovat asetettuna Suomen lakiin. Opintojen rakenteeseen kuuluu 1. perus- ja ammattiopintoja 2. vapaasti valittavia opintoja 3. ammattitaitoa edistävää harjoittelua ja 4. opinnäytetyö.

Lisäksi asetuksessa todetaan ”Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja osoittaa opiskelijan valmiuksia soveltaa tietojaan ja taitojaan ammattiopintoihin liittyvässä käytännön asiantuntijatehtävässä”./1/(Valtioneuvoston asetus ammattikorkeakouluista 15.5.2003/352)

1.2 Opinnäytetyön aihe

Volvo-merkkisten tela-alustaisten kaivinkoneiden ohjaus ja ajo toimivat tehdasvalmistaisesti perinteisiä mekaanisia venttiilejä käyttäen. Kuljettaja joko painaa jaloilla ohjaamon lattias-
sa olevia polkimia tai vaihtoehtoisesti käyttää näihin polkimiin kiinteästi asennettuja ohjaussauvoja. Volvo ei toimita ohjauksen suorittamiseen lisävarusteena-
kaan vaihtoehtoisia menetelmiä.

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella Volvo-merkkisiin telakaivinkoneisiin yleisesti sopiva ohjauksen ja ajon ohjaus proportionaalisia venttiileitä käyttäen siten, että kuljettajan ei tarvitse koskea alkuperäisen ohjauksen hallintalaitteisiin. Alkuperäiset hallintalaitteet tulee kuitenkin säilyttää ja niiden käyttö tulee olla mahdollista mikäli proportionaali-
ohjaukseen tulee käyttöhäiriö. Opinnäytetyön esimerkkikohteena on Volvo EC210C L tyyppinen tela-alustainen kaivinkone.

1.3 Aiheen raja

Opinnäytetyönä valmistuvaa ohjausta ei tulla tarkoitushakuisesti valmistamaan koekappaleita, joten suunnitelman mahdollinen toteutus ja sen aikana tapahtuva hienosäätö jää ensimmäisen tuotantokappaleen asennuksen yhteydessä tehtäväksi.

Koska kyseessä on yleissopivan ohjauksen suunnittelu, ei työssä niinkään paneuduta hydraulisten osien virtausten mitoittamiseen, liittimiin, johtojen mitoittamiseen jne. vaan tarkoituksena on lähinnä selvittää tarvittavat komponentit ja niiden ohjaus-suhteet.

2 MARKKINAKATSAUS

2.1 Tarjonta markkinoilla

Markkinoilla on joitakin toimittajia, jotka tuottavat asiakkaan niin halutessa, proportionaalisesti toimivia ohjausjärjestelmiä tela-alustaisiin kaivinkoneisiin. Oleellista tässä jälkimarkkinoilla tapahtuvassa ohjausjärjestelmien toimittamisessa on se, että niitä myydään poikkeuksetta vain suurempien kokonaisuuksien kanssa. Suomen markkinoilla on kolme vartenotettavaa toimijaa Steelwrist, Engcon ja Indexator.

2.1.1 Engcon

Engconin tuotevalikoimaan kuuluu kaivinkoneen puomin ja työkalun väliin sijoitettavia pyörittäjiä, kallistajia ja näiden yhdistelmiä rototilttejä. Engcon myy näiden tuotteiden ohjaamiseen tarvittavaan ohjausjärjestelmään, Microprop, lisävarusteena proportionaalista ohjausta joko tela- tai pyöräalustaiseen kaivinkoneeseen. Ohjaus on toteutettu kaivinkoneen joystickeihin sijoitettavien rullaohjaimien avulla siten, että toisella rullaohjaimella säädetään koneen kulkunopeus sekä suunta ja toisella rullaohjaimella käännetään konetta, eli lisätään tai vähennetään toisen telan nopeutta. /2/

2.1.2 Indexator

Indexatorin tuotevalikoimaan koostuu samanlaisista tuotteista kuin Engconinkin. Indexatorin ohjausyksikkö on nimeltään PropPlus ja siihen saa lisävarusteena PropPlus Directin, mikä toimii kaivinkoneen telojen ohjausyksikkönä. Ohjaus on toteutettu samaan tapaan kuin Engconillakin./3/

2.1.3 Steelwrist

Steelwrist toteuttaa oman versionsa tela-alustaisen kaivinkoneen ohjauksesta samalla tavalla kuin edellä mainitut yritykset. Steelwristin ohjainyksikkö kulkee nimellä XControl G2, mihin on myynnissä lisävarusteena Track steering optio./4/

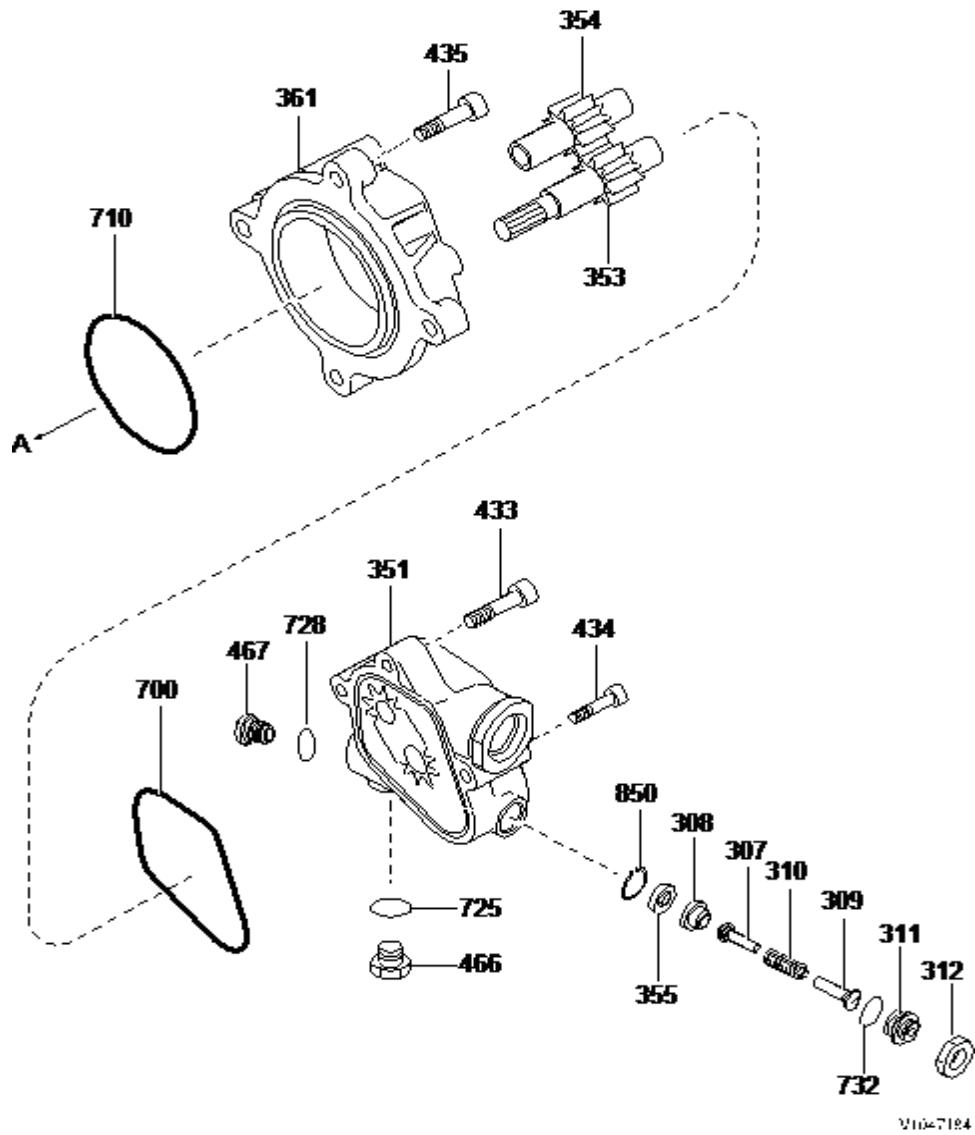
3 ALKUTILANNE

3.1 Ohjauksen toteutus

Ohjauksen toteutus tehdasvalmisteisena on lyhyesti selostettuna seuraava. Servopumppu tuottaa esiohjaukselle tarvittavan tilavuusvirran ja paineen. Servoventtiili, mitä käytetään jaloilla tai käsillä, ohjaa esiohjausepaineita käyttäen pääventtiililohkossa olevia vasemman ja oikean puolen ajomoottorien pääventtiileitä. Pääventtiileiltä menee tarvittava paineja tilavuusvirta ajomoottoreille. Lisäksi ajomoottoreissa on esiohjausepaineella toimiva aksiaalinen nopeussäädin. Nopeuden valinta suoritetaan sähköisesti ohjatulla solenoidiventtiilillä, mikä antaa muuttuvakulmaiselle ajomoottorille hydraulisen esiohjausepaineen.

3.1 Servopumppu

Servopumppu on mekaaniselta rakenteeltaan ulkohanmaspyöräpumppu (Kuvio 1). Servopumppu saa käyttövoimansa suoraan dieselmootorin kampiakselilta. Hanmaspyöräpumpujen käyttö servopumppuna on kannattavaa, sillä ne ovat edullisia ja niiden antamat tilavuusvirrat ja paineet ovat riittäviä esiohjauksen tarpeisiin (Taulukko 1).



307	Poppet	354	Driven gear	700	Ring
308	Seat	355	Filter	710	O-ring
309	Ring	361	Front case	725	O-ring
310	Spring	433	Screw	728	O-ring
311	Adjusting screw	434	Screw	732	O-ring
312	Lock nut	435	Screw	850	Snap ring
351	Rear case	466	Plug		
353	Driving gear	467	Adapter		

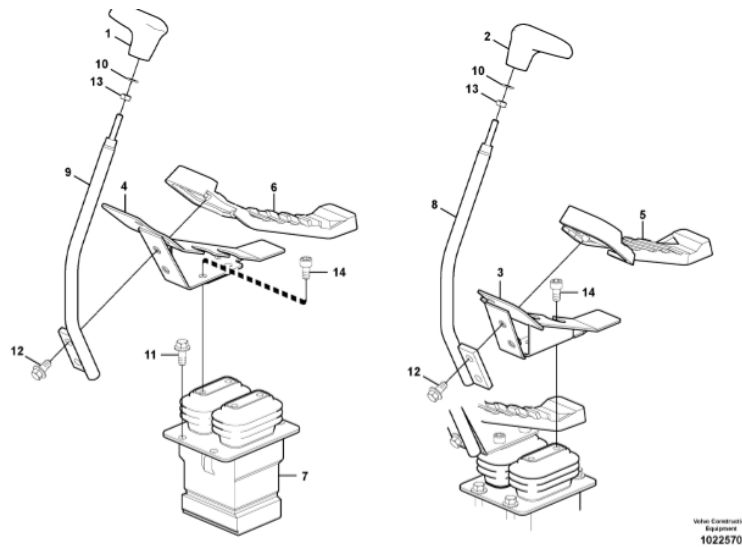
KUVIO 1. EC210C L Servopumppu

TAULUKO 1. EC210C L Servopumpun tiedot

Item	Unit	Specifications
Type	–	Fixed gear
Displacement	cc / rev	10
Flow rate	l / min (gpm)	18 (4.7)
Relief pressure	MPa (kgf / cm)(psi)(bar) ²	3.9 +0.2/0(40 +2/0)(566 +29/0)(39 +2/0))

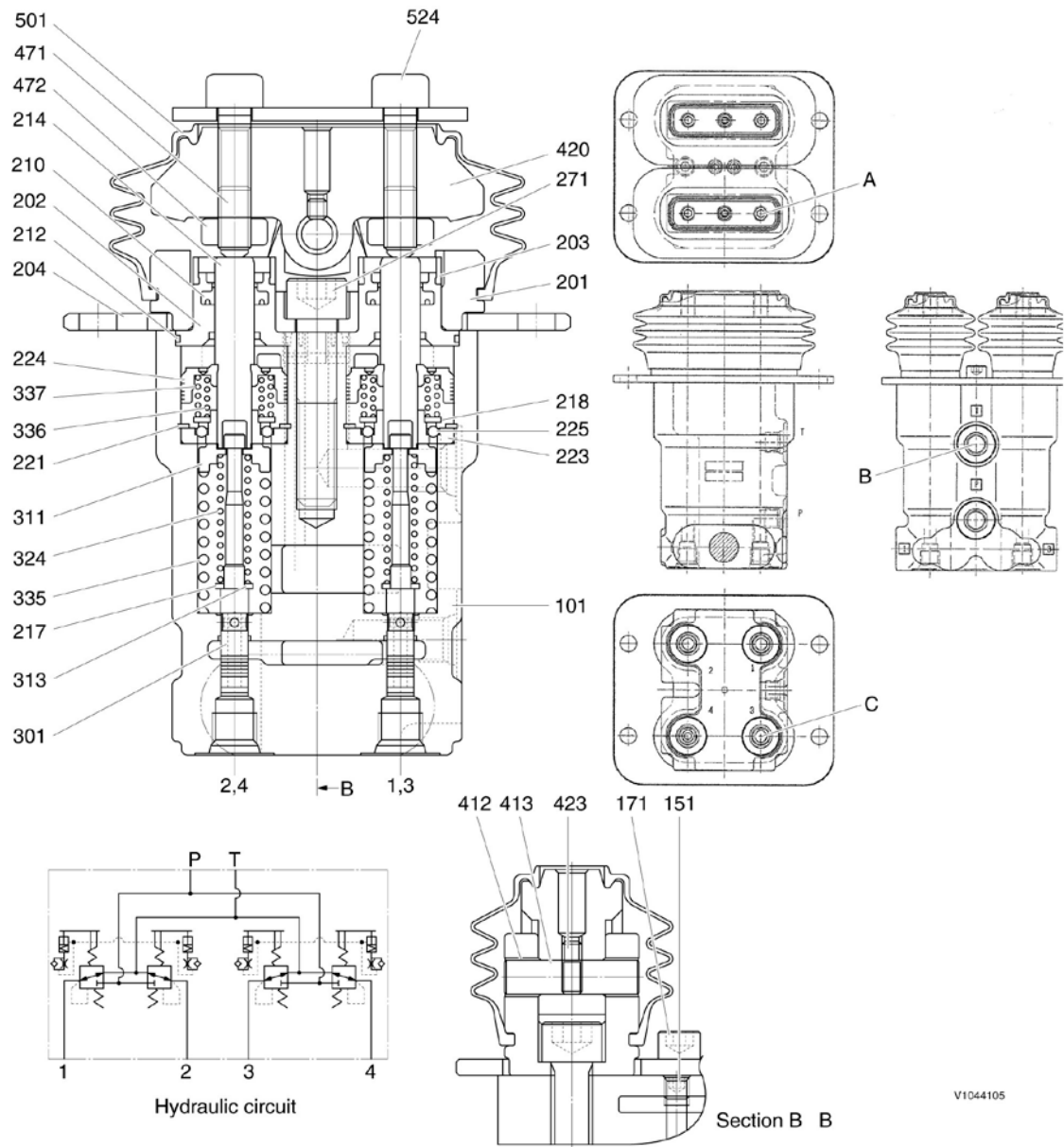
3.3 Servoventtiili

Ohjauksen servoventtiili sijaitsee kuljettajan edessä lattiaan kiinnitettynä. Kuljettaja käyttää venttiiliä joko jaloilla polkimien avulla, tai käsin venttiilissä olevien tankojen avulla (Kuvio 2).



KUVIO 2. EC210C L Servoventtiili

Servoventtiili on rakenteeltaan lohkoventtiili mikä säätelee painetta. Venttiililohkossa sijaitsee neljä yksitoimista 2/2 istukkaventtiiliä. Kummankin ajomoottorin eteen ja taakse toiminnon hallitsemiseen on lohkoissa oma venttiili (Kuvio 3).



101	Casing	218	Spring seat	336	Spring
151	Plug	221	Retaining ring	337	Spring
171	Screw	223	Bushing	412	Bushing
201	Cover	224	Piston	413	Camshaft
202	Plug	225	Ball	420	Cam
203	Grease cap	271	Screw	423	Set screw
204	Cover 2	301	Spool	471	Set screw
210	NHU packing	311	Spring seat	472	Lock nut
212	O-ring	313	Washer 3	501	Bellows
214	Push rod	324	Spring	524	Screw
217	Washer 2	335	Spring		

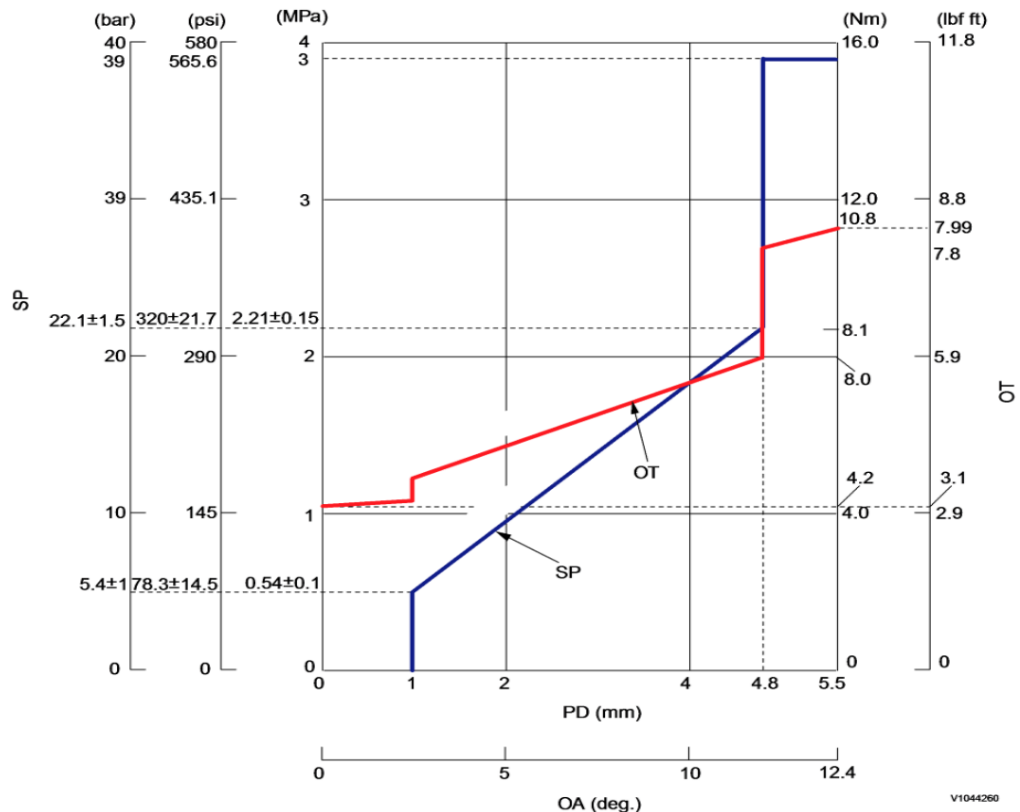
KUVIO 3. EC210C L Servoventtiili

Servoventtiilissä on sisäänrakennettu paineen takaisinkytkentä. Poljinta painettaessa painaa nokka (420), mikä liikkuu nokka-akselin (413) ympäri, sauvaa (214) alaspäin. Sauva painaa paineen toisiopaineen esiasetusjousen (324) avulla venttiilinkaraa (301)

alaspäin, jolloin virtaus venttiiliin läpi portille 1 alkaa. Kun paine sisääntuloportin P ja toisiopaineportin 1 välillä nousee vastaamaan esiasetusjousen voimaa, syntyy tasapaino-tilanne ja toisiopaine portille 1 pysyy vakiona.

TAULUKKO 2. EC210C L Servoventtiilin tiedot

Item		Specifications	
		Travel pedal	X1 pedal
Travel pedal	Maximum primary pressure	9.80 MPa (1422.3 psi) (98.0 bar)	
	Maximum secondary pressure	0 ~ 3.92 MPa (0 ~ 568.9 psi) (39.2 bar)	
	Allowable back pressure	0.3 MPa (45 psi) (3 bar)	
	Rated flow	10 Liters/min (26 gpm)	
	Operating angle	12.4 °	
	Weight	7.8 kg (17.2 lbs)	3.2 kg (7.0 lbs)
	Model	RCVD8C	RCV8C
	Type	Hydraulic	
	Stroke	5.5 mm (0.21 in)	
	Operating force	10.8 Nm (7.99 lbf ft)	9.84 Nm (7.28 lbf ft)
Safety lock	Filter	40 mesh or over	
	Type	Servo hydraulic supply line shut off by safety lever & solenoid valve	



SP	Secondary pressure	OA	Operating angle
PD	Push rod operating distance	OT	Operating torque

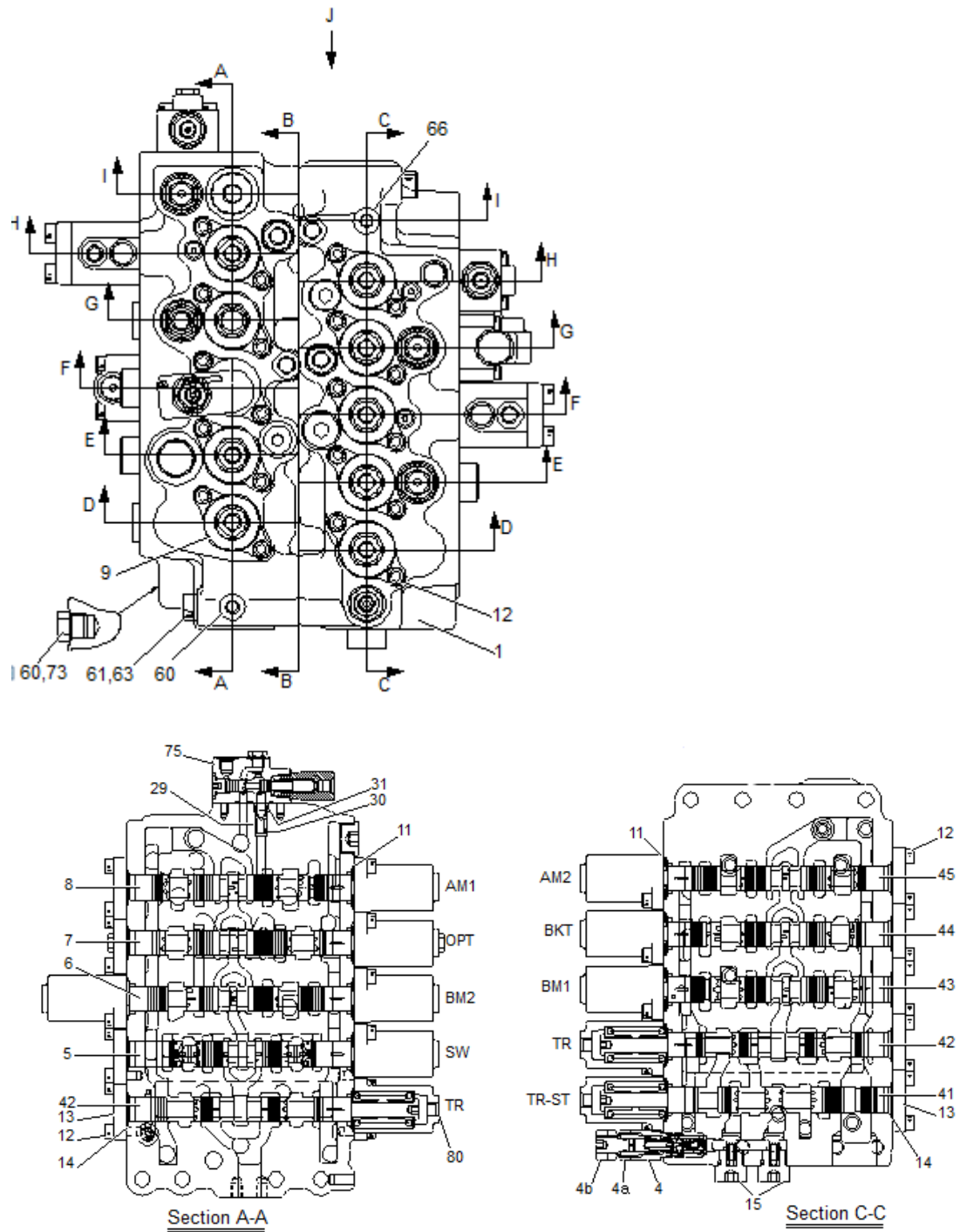
KUVIO 4. EC 210C L Servoventtiilin toimintakuvaaja

3.4 Pääventtiililohko

Pääventtiililohko (Kuvio 5) koostuu kahdesta viisiventtiilisestä osasta, mitkä on pultattu yhteen. Lohkossa on kaikki työlaitteiden venttiilit sekä muita venttiileitä, kuten esim. virtausventtiileitä, kuormanpitoventtiileitä, shokkiventtiileitä, tarkistusventtiileitä, ser-vopaineen rajauserventtiili jne.

Osa venttiileistä on sähköisesti ohjattuja ja osa hydraulisesti ohjattuja.

Ohjaukseen liittyvät venttiilit (TR) sijaitsevat kummassakin lohossa lohkon toisessa päässä. Vasemmalle ja oikealle ajomoottorille on kummallekin oma venttiilinsä. Lisäksi lohossa on paikka myös suoraan ajoventtiilille (TR-ST). Suoraan ajo-ominaisuus myydään Volvo tela-alustaisiin kaivinkoneisiin erikseen lisävarusteena.



41	Straight travel valve assembly
42	Travel spool assembly

KUVIO 5. EC210C L Pääventtiililohko

TAULUKKO 3. EC210C L pääventtiililohkon tietoja

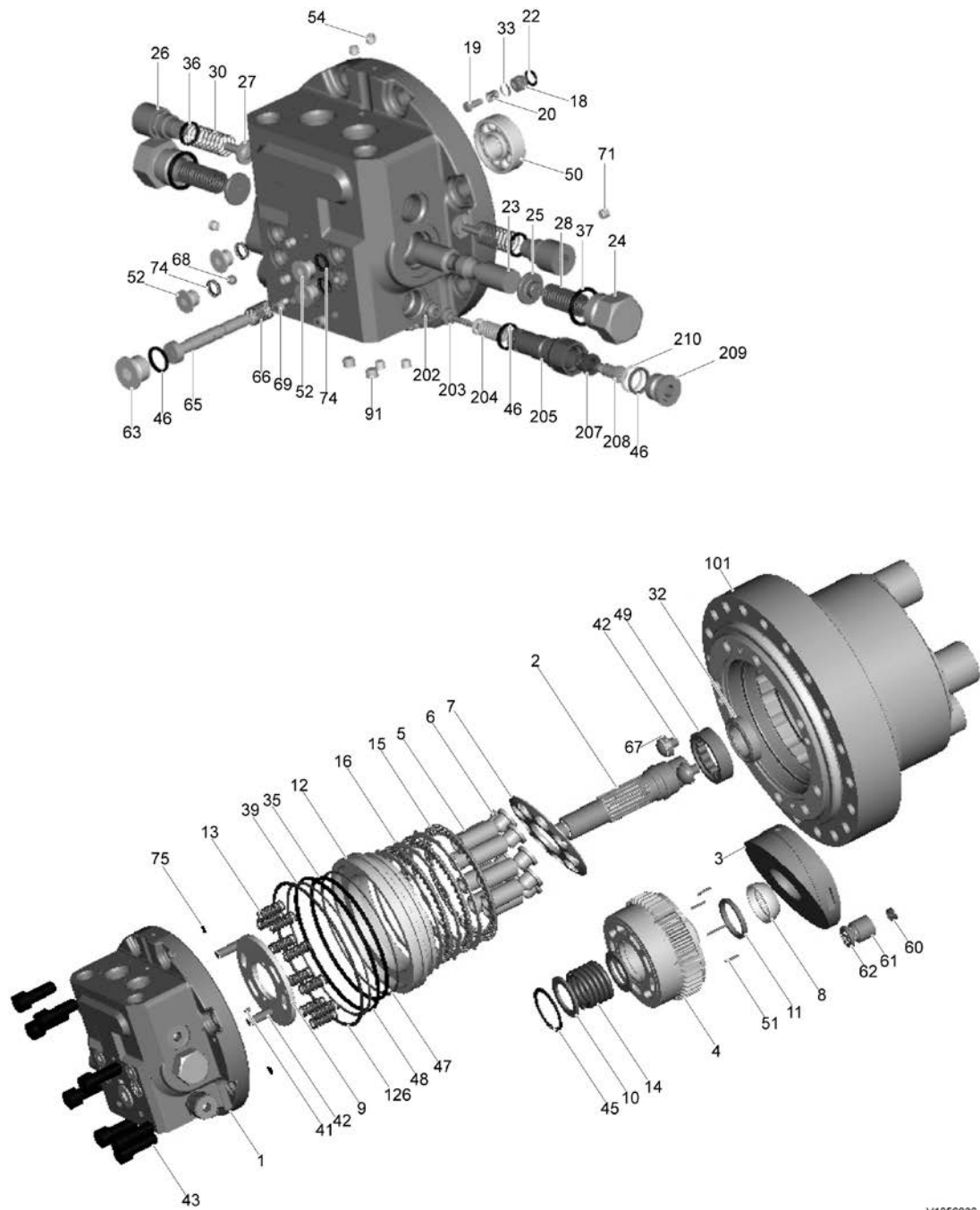
Specifications, unit: MPa (kgf/cm²) (psi) (bar)

Track motor relief valve	Left	34.32 +2.9/-1 (350 +30/-10) (4978
	Right	+427/-142) (343 +29/-9.8) at 200 l/min (52.8 US gal/min)
Servo hydraulic pump relief valve pressure		3.9 (40) (569) (39)

3.5 Ajomoottori

Ajomoottorit sijaitsevat tela-alustaisen kaivinkoneen alarungon etupäässä. Ajomoottorilta on suora yhteys navan välityksellä telojen johtopyöriin.

Ajomoottorit ovat tyypiltään vinolevyisiä aksiaalimäntämoottoreita ja niissä on säädettävä kierrostilavuus. Kytkettäessä nopea ajonopeus syötetään männälle (Kuvio 6 osa 61) servopaine, jolloin vinolevyn (3) asento muuttuu ja moottorin kierrostilavuus pienenee.



V1056836

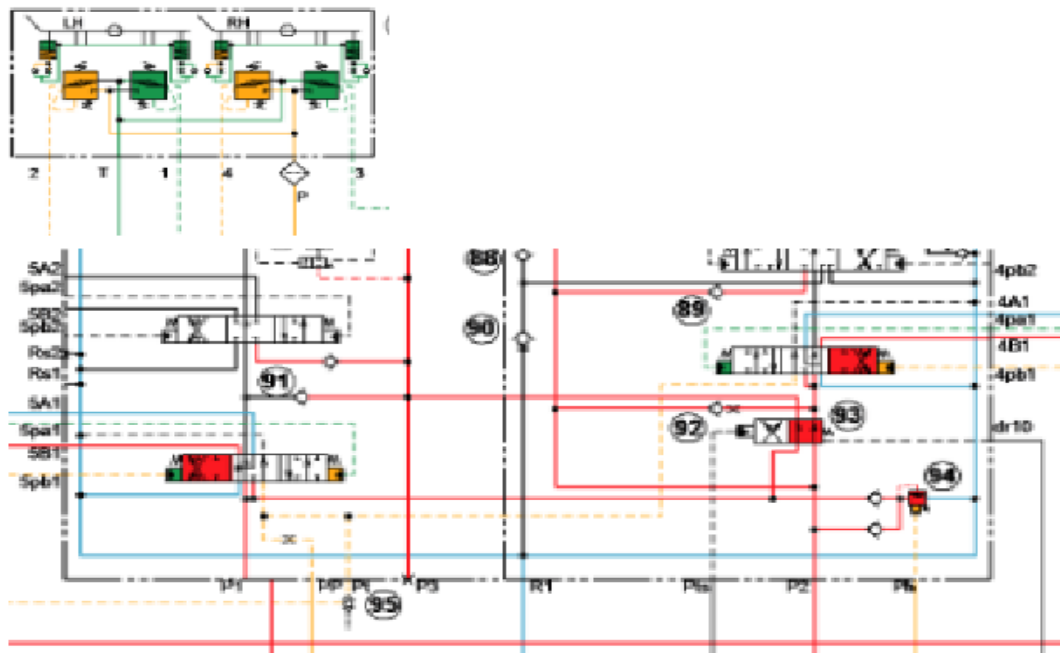
KUVIO 6. EC210C L Ajomoottori

4 MUUTOS

4.1 Suunnitelma

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä proportionaalisesti ohjattu ohjaus telakoneeseen. Toteutus on suunniteltava niin, että alkuperäinen ohjaus toimii korkeammalla prioriteetilla ja proportionaalinen vain tarvittaessa. Tällöin suunniteltavan ohjauksen vikaantues-
sa, kenties sähköisesti, jää kaivinkoneen hallittavuus edelliselle tasolle.

Proportionaalinen ohjaus rakennetaan alkuperäisen servoventtiilin rinnalle. Neutraaliti-
lassa servoventtiilin toisiopainepuolen portit ovat suorassa yhteydessä hydraulijärjes-
telmän tankkilinjaan (Kuvio3), joten yhteys on proportionaalisessa järjestelmässä saata-
va aina ohjausta käytettäessä suljettua. Proportionaaliventtiilit sijoitetaan kuvion 7 tau-
lukon mukaisesti. Esim. proportionaaliventtiili vasemmalle taaksepäin ohjaukselle tulee
servoventtiilin portin 1 ja päälohkventtiilin portin 5pa1 väliin.



Polkimen portit	Päälohkon portit				
1 Left travel reverse	5pa1	Left travel servo hydraulic signal port (reverse)			
2 Left travel forward	5pb1	Left travel servo hydraulic signal port (forward)			
3 Right travel reverse	4pa1	Right travel servo hydraulic signal port (reverse)			
4 Right travel forward	4pb1	Right travel servo hydraulic signal port (forward)			
P Pressure					
T Tank line					

KUVIO 7. EC210C L Ohjauksen portit

Proportionaaliventtiileiden ohjaukseen tarvitaan ohjelmoitava logiikka. Logiikan tulee olla suunniteltu hydraulikan ohjaukseen, sillä proportionaaliventtiilit tarvitsevat Diether signaalin. Diether signaali on venttiileille suunnattu korkeataajuussignaali mikä pitää venttiilin karan koko ajan liikkeessä. Tällä estetään venttiilin karan jumiintuminen. Logiikan ohjaamiseen tarvitaan kaivinkoneeseen uudet joystick-ohjaimet joissa on paikka rullasäätimille. Kaivinkoneessa on kaksi joystick-ohjainta, millä ohjataan kaivinkoneen kaivupuomia ja kauhaa. Ohjaimiin myydään useita erilaisia kahvaosia, missä on erilaisia nappi- ja rullaohjain vaihtoehtoja. Uutta kahvaosaa valittaessa tarvitsee tietää, mitä mahdollisia lisälaitteita kyseisessä koneessa on ennestään, sillä monia niistä ohjataan joystick-ohjaimiin lisättävillä katkaisijoilla.

4.2 Reunaehdot

Ohjauksen proportionaaliventtiilien tulee olla arvoiltaan yhteneviä alkuperäisen servoventtiilin kanssa. Lähinnä paineenkesto ja tilavuusvirta ovat rajaavia arvoja (TAULUKKO 2). Ohjauksen säädön vasteen tulee olla mahdollisimman lähellä alkuperäistä servoventtiilin antamaa vastetta (KUVIO 4).

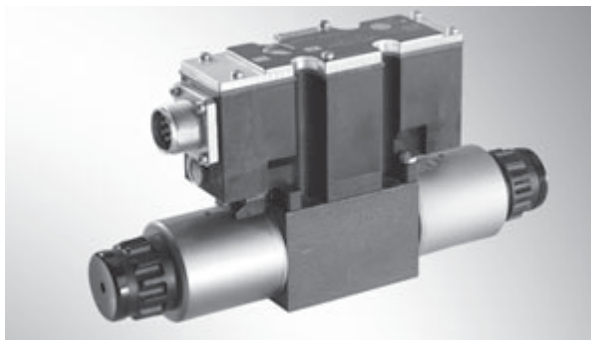
Pääasiallisena tavarantoimittaja tulisi olla BOSCH REXROTH OY, sillä VOLVO CE FINLAND OY tekee yhteistyötä BOSCH REXROTH:in kanssa muun muassa alussa mainittujen rototilittien ohjausjärjestelmien suunnittelussa.

5 KOMPONENTIT

5.1 Hydrauliset komponentit

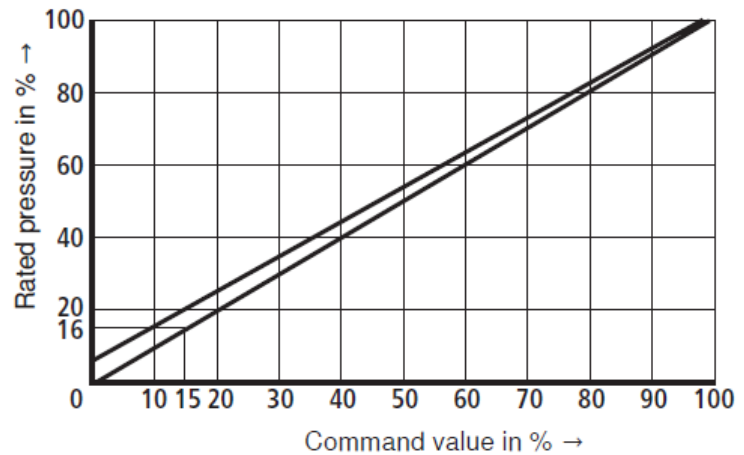
Proportionaaliventtiiliksi valikoitui REXROTH 3DREPE6C-2X/45EG24K31A1M (Kuva 1) /5/. Tämä venttiili on tarkoitettu lähinnä teollisuuden tarpeisiin, mutta sen käyttäminen myös mobilehydrauliikassa on mahdollista. REXROTH:in mobilehydrauliikkaa varten suunnitteleminen proportionaalisten paineensäätöventtiilien suurimmat sekundääripaineet loppuivat 3 MPa:in ja tarvittava paine oli 3,92 MPa. 3DREPE6C-2X/45EG24K31A1M venttiilin suurin sekundääripaine on 4,5 Mpa ja siitä saa myös 1,6 MPa ja 2,5 MPa versioita (Kuvio8). Suurin tilavuusvirta venttiilillä on 15 l/min kun tarvittava tilavuusvirta on 10 l/min.

3DREPE venttiilissä on sisäänrakennettuna kaksi venttiiliä ja niille omat ohjauslogiikkansa. Venttiilejä tarvitaan siis kaksi kappaletta, yksi kummankin telan ohjaamiseen. Käyttöjännite kyseisellä venttiilillä on 24V eli sama kuin kaivinkoneiden sähköjärjestelmässä.



KUVA 1. 3DREPE proportionaaliventtiili.

Pressure rating 16, 25 and 45 bar

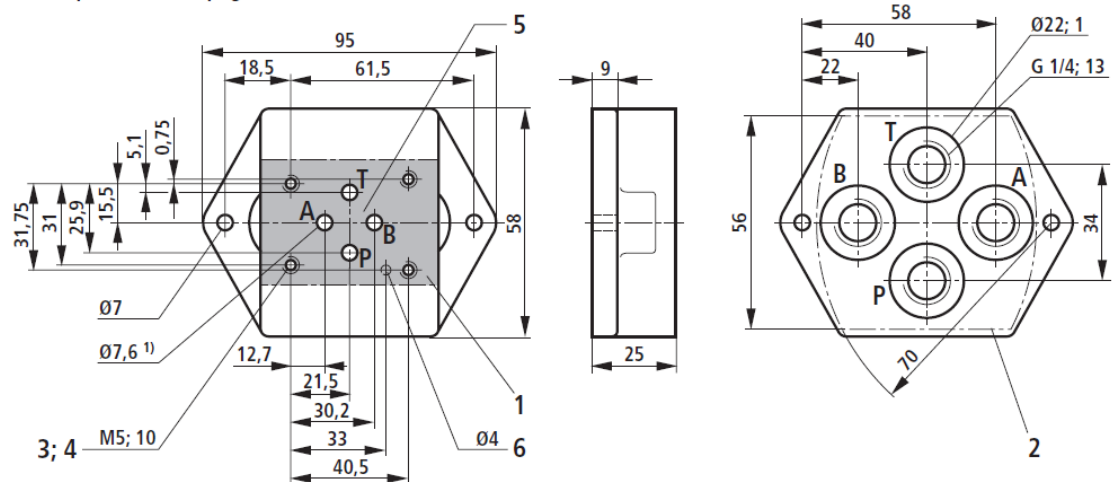


KUVIO 8. 3DREPE venttiili, paineen suhde ohjaussignaaliin.

Venttiilissä itsessään ei ole kiinnityspintaa letkuille. Letkuliitoksia varten venttiili asennetaan aluslevyyn, miksi valittiin REXROTH G 341/01 (Kuvio9)/6/.

Type G 341/01, G341/60 (G1/4) (nominal dimensions in mm)

Item explanation see page 3



Type	Material no.	Weight in kg
G 341/01	R900424447	0.6

Kuvio 9. Aluslevy

Kuten aiempänä mainittiin, tarvitsee alkuperäisen proportionaaliventtiilin toisiopainelähtö saada jotenkin tukittua, mikäli rinnalla olevaa proportionaaliventtiiliä käytetään. Sama pätee myös toisinpäin. Tätä tarkoitusta varten asennetaan jokaisen päälohkolle menevän ohjauspainelinjan ja servoventtiileitä tulevien sekundääripainelinjojen liitokseen Shuttle venttiili REXROTH VA/SE14 (Kuva2) /7/

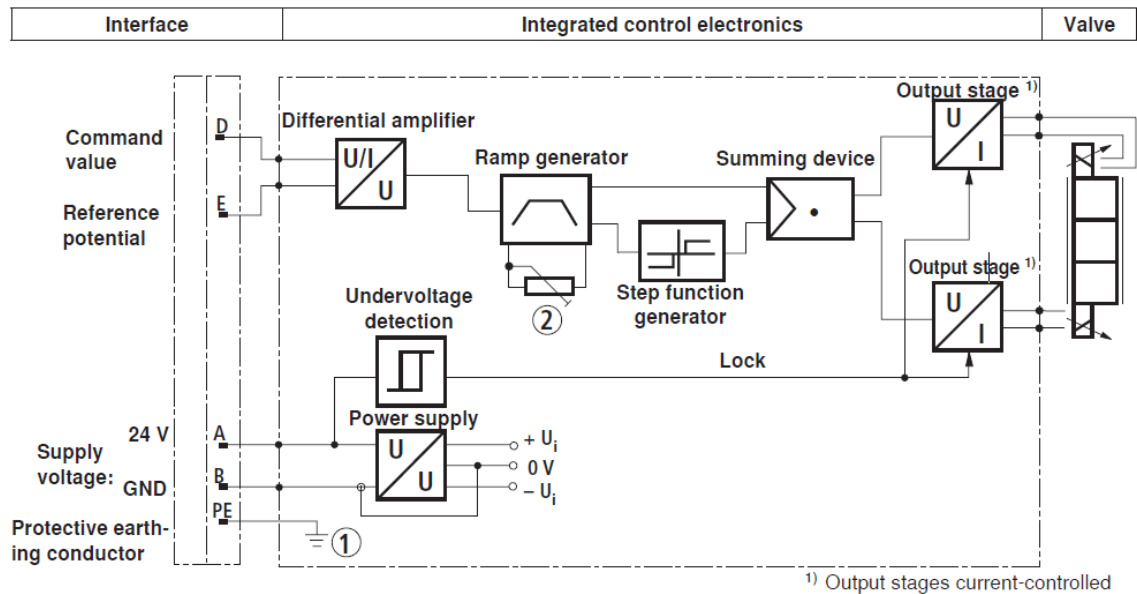


KUVA 2. Shuttle venttiili.

5.2 Sähköiset komponentit

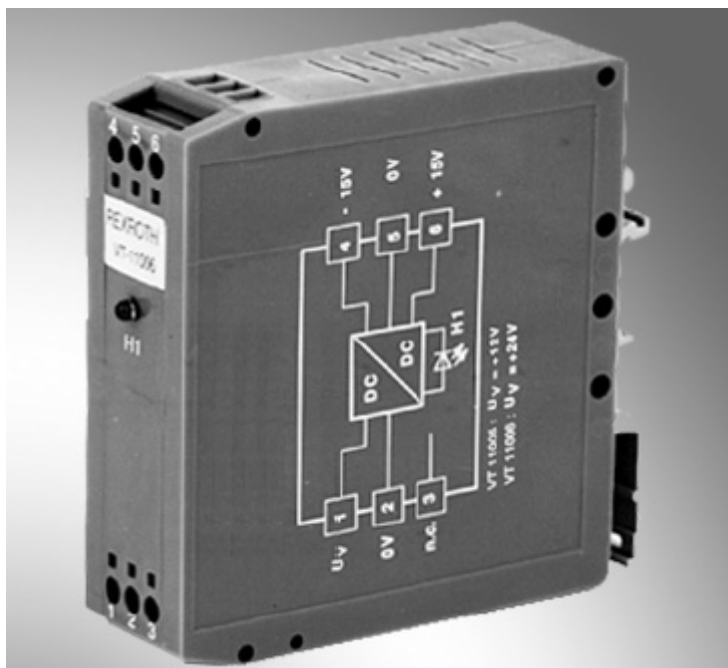
REXROTH 3DREPE proportionaaliventtiilissä on integroituna erittäin yksinkertainen ohjauslogiikka (Kuvio 10). Ainoa asia, mitä pääsee säätämään, on ramppiaika. Ramppiaika on säädettävissä välillä 0-5s ja säätö vaikuttaa samalla ja yhtäläisesti sekä nousu että laskuaikaan.

3DREPE tarvitsee käyttöjännitteen 24V ja virtaa maksimissaan 3A. Liitännät E (reference potential), B (GND) ja PE (protective earth) kytketään maahan. Liitäntään D (command value) syötetään ohjaussignaali.



KUVIO 10. 3DREPE venttiilin integroitu ohjauslogiikka.

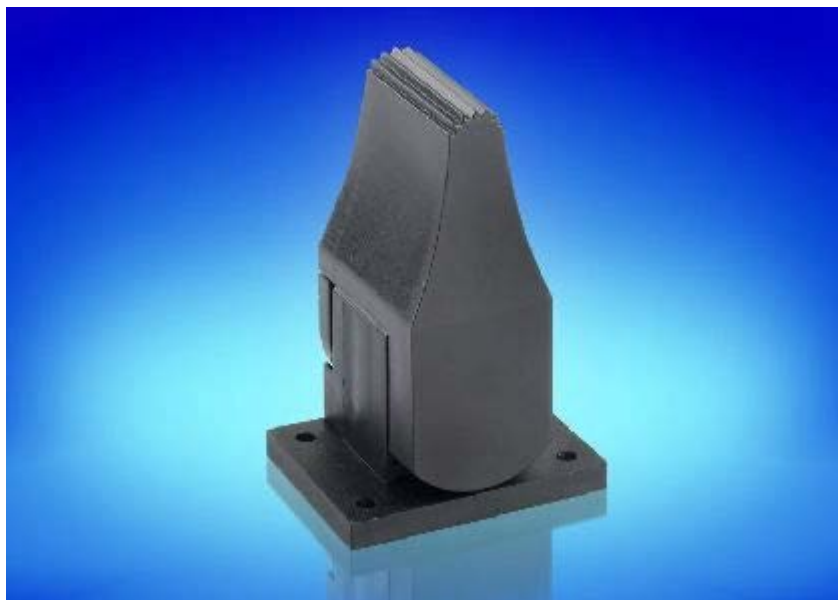
Ohjaussignaalin tuottamiseksi tarvitsee järjestelmään asentaa jännitteensyöttömoduuli. REXROTH Power supply module VT 11116-1X:24 (Kuva2) tuottaa 24V järjestelmästä $\pm 10V$ jännitteen. Moduulin liitäntään 2 kytketään 24V, liitännät 2 ja 5 kytketään maahan ja liitännöistä 6 (+) ja 4 (-) saadaan ohjaussignaalin tarvitsema $\pm 10V$. Moduulin tarvitsema teho on suurimmillaan 10W.



KUVA 2. Jännitteensyöttömoduuli

Ohjaussignaalin säätö tapahtuu joystick-ohjaimeen asennettavalla potentiometrillä. Potentiometrin tulee olla jousipalautteinen keskiasentoon, jotta turhalta ohjaussignaalityltä

vältytään. REXROTH toimittaa kyseisiä potentiometrejä, mutta niistä ei ole saatavilla teknisiä tietoja. Myös Penny + Giles Controls Ltd myy joystick-ohjaimia ja niihin sopivia vastuksia. Säätovastusesimerkiksi valittiin PENNY+GILES JC120-01 (Kuva 3)/8/. Potentiometrin vastus on $4k\Omega$ ja kääntökulma $\pm 30^\circ$, mistä keskimmäiset $\pm 2,5^\circ$ samalla vastuksella.



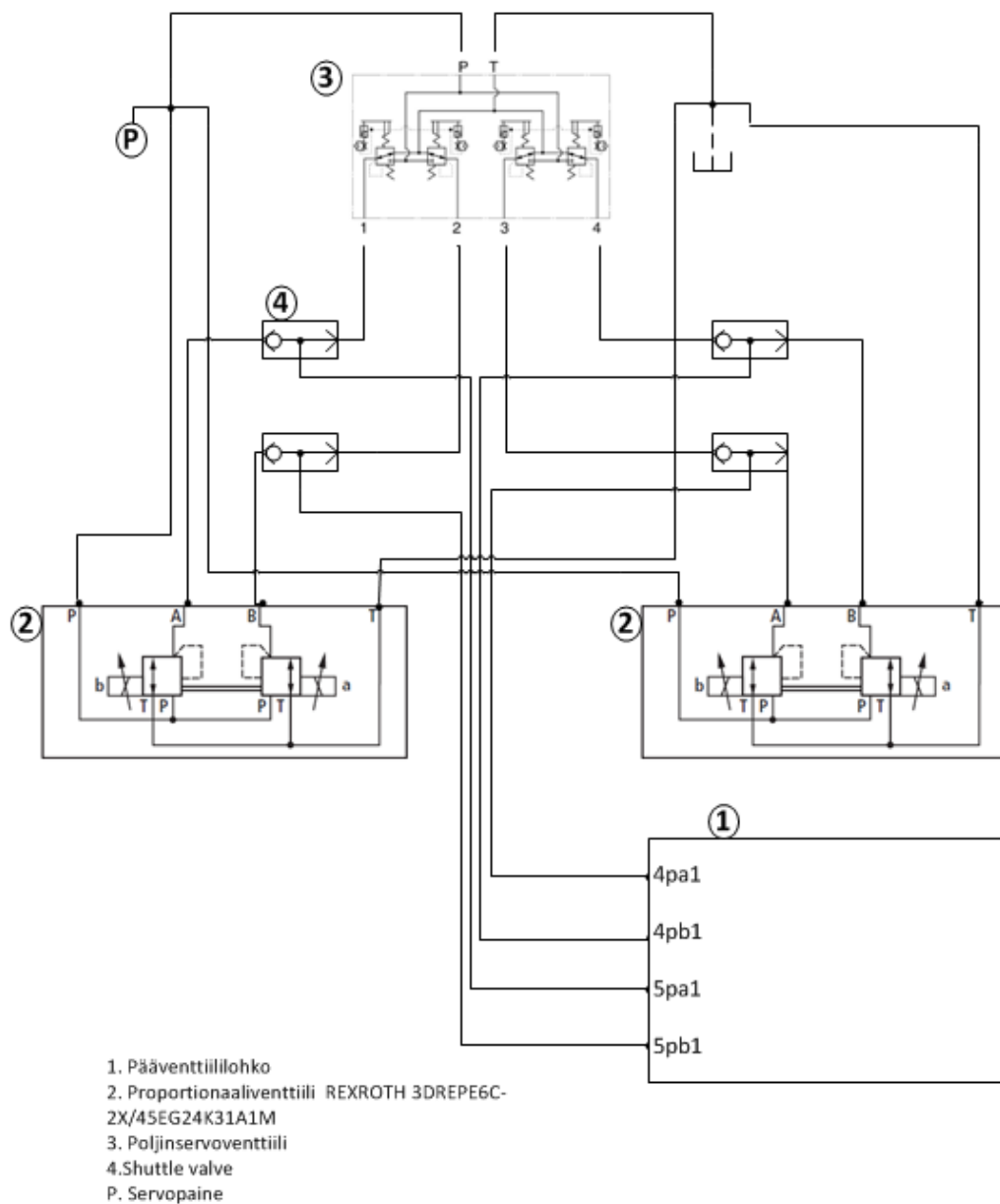
KUVA 3. Potentiometri JC120-01

Vaikkakin potentiometrissä on keskialue 5° levyinen ja tällä alueella pitäisi jännitteen olla 0V, on siitä huolimatta syytä varmistaa, että 3DREPE proportionaaliventtiili ei saa minkäänlaista ohjaussignaalia. Tätä tarkoitusta varten potentiometriltä lähtevään signaalilinjaa kytketään diodit kummankin suuntaisesti. Tähän valitaan yleisesti käytössä oleva 1N4001diodi. Diodin kynnyksjännite on 0,8V, jolloin keskiasennon ympärille saadaan n. 2° lisää ohjausta aiheuttamatonta liikealuetta. Toisaalta tämä pudottaa ohjausjännitteen n. 9,2V:iin mikä vähentää proportionaaliventtiilin liikerataa. 90 % ohjaussignaalilla päästään kuitenkin n. 4MPa paineensäätöön, mikä on kyseiselle kytkennälle riittävä.

Lisäksi sähköiseen kytkentään tarvitaan sulakkeita, liittimiä ja johtoa. Kuten aiheen rajauksessa mainittiin, jää johtojen ja liittimien jne. tarvikkeiden lopullinen mitoitus mahdollisen kokoonpanon hetkeen. Mainittakoon kuitenkin 3DREPE venttiilin asennusohjeessa oleva suositus kytkeä sähkö venttiilille käyttäen häiriösuojattua LiYCY 5 x 0.75 mm² kaapelia.

6 HYDRAULIKAAVIO

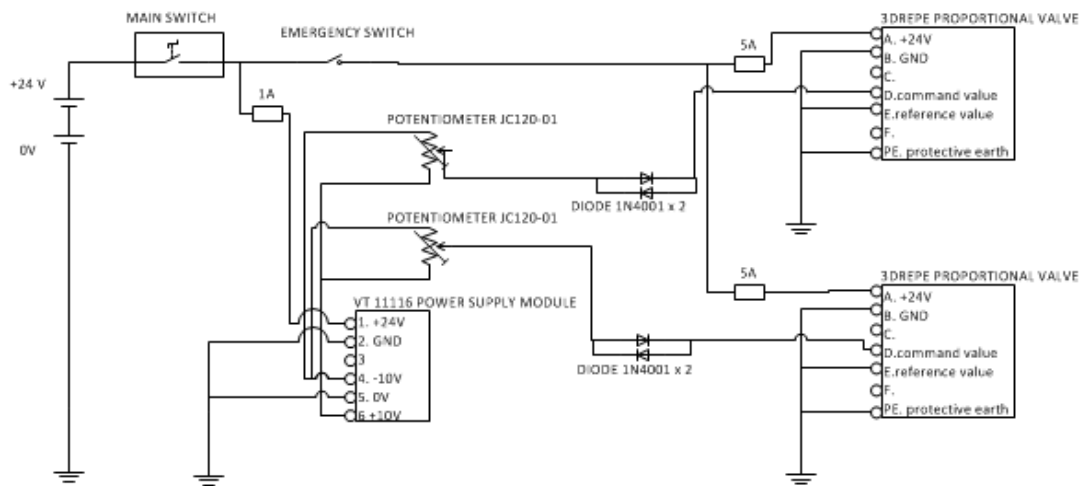
Hydraulikaavio (Kuvio11) on piirretty Microsoft Visio ohjelmalla. Kaavioon on kuvattu vain se oleellinen, mikä tulee lisää, tai mikä on lisäyksiin välittömässä kontaktissa. Portit on merkitty niissä todellisuudessa olevilla merkeillä.



KUVIO 11. Hydraulikaavio.

7 SÄHKÖKAAVIO

Sähkökaavio on piirretty Microsoft Visio ohjelmalla. Kuvassa oleva main switch on kaivinkoneessa oleva päävirtakatkaisija. Emergency switch on kuljettajan penkissä oleva vipukatkaisija, mikä täytyy olla kytkettynä, ennen kuin kaivinkoneella voi tehdä karkeasti ottaen yhtään mitään. Virta ei tule toimilaitteille suoraan emergency switchin kautta, vaan se ohjaa releillä sulaketaululle tulevaa virtaa. Sähkökaavioon se on piirretty siksi, että mahdollisesti toteutettavassa kytkennässä se otetaan huomioon valittaessa sulaketaululta sopivaa virranottopistettä.



KUVIO 12. Sähkökaavio.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työstä muodostunut ohjausjärjestelmä on tavoitteiden mukainen. Sen asentaminen on erittäin yksinkertaista johtuen valittujen komponenttien modulaarisuudesta ja analogisesta ohjausjärjestelmästä. Kyseisen ohjausjärjestelmän olisi toki voinut muodostaa myös CAN-väyläisenä digitaalisista ohjainkomponenteista, mutta silloin siihen olisi tullut huomattavasti enemmän johdotusta, ja komponenttien määrä ja säätämisen tarve olisi kasvanut. Komponenttien määrän kasvaessa ja signaalien heikentyessä myös vika-herkkyys olisi saattanut lisääntyä.

Ohjausjärjestelmä on helppo muuntaa muihinkin kohteisiin. Ainoa vaihdettava osa on oikeastaan itse proportionaaliventtiili. Kuten tekstissä ilmenee, on venttiiliä saatavilla kolmella eri painearvolla. Painearvoa pystyy myös säätämään alhaisemmaksi lisäämällä diodeja ohjaussignaalinlinjaan tai vaihtamalla niiden tyyppiä. Ohjausjärjestelmän pystyy siirtämään sellaisenaan esimerkiksi ohjaamaan kaivinkoneen rototilttiä, pyöräalustaisen kaivinkoneen ohjausta, pyöräkuormaajan kauhan ja puomiston sylintereitä jne.

Ainoa teknisesti huonontunut asia on valittujen osien käyttöympäristön raja. Teollisuuskomponentteina niitä ei ole suunniteltu nimenomaan ulkokäyttöön. Proportionaaliventtiilin käyttölämpötila on $-20 - +80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suomen talvessa saattaa tulla hetkiä, milloin alin lämpötila alittuu.

LÄHTEET

- 1 Valtioneuvoston asetus ammattikorkeakouluista 15.5.2003/352
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030352>
- 2 Oy engcon Finland AB [http://www.engcon.se/suomi] [Viitattu 3.11.2011] Saatavissa
<http://www.engcon.se/suomi/tuotteet/ohjausjarjestelma.4.eeb96af128d482fbcc800053745.html>
- 3 Indexator Finland [http://www.indexator.se/default.asp?id=7646] [Viitattu 5.11.2011] Saatavissa
<http://www.indexator.se/default.asp?id=11845&PTID=&refid=11846>
- 4 Steelwrist AB [http://steelwrist.com/] [Viitattu 5.11.2011] Saatavissa
<http://steelwrist.com/products/control-system/track-steering/>
- 5 BOSCH REXROTH OY [http://www.boschrexroth.com] [Viitattu 20.11] Saatavissa
http://www.boschrexroth.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_brh_i/en/GoTo/6_proportional_valves/3DREP_3DREPE/3DREPE_table/R900925484/index.jsp
- 6 BOSCH REXROTH OY [http://www.boschrexroth.com] [Viitattu 20.11] Saatavissa
http://www.boschrexroth.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_brh_i/en/products_ss/10_standard_valves/a_downloads/RA_45052_06.98.pdf
- 7 BOSCH REXROTH OY [http://www.boschrexroth.com] [Viitattu 20.11] Saatavissa
<http://www.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownload.dll?db=brmv2&1vid=1148583&mvid=5390&clid=20&sid=7C43EBEC4E779B4D1C19533684DDC012&sch=M>
- 8 Penny + Giles Controls Ltd [http://www.pennyandgiles.com] [Viitattu 26.11] Saatavissa
http://www.pennyandgiles.com/script_cms/force_file_download.php?fileID=228